

東京大学 工学部 正員 〇廣沢 佑喃
東京大学 工学部 正員 玉井 信行

1. はじめに ここで考察するのはゲートによって制御された、二層流の非定常的挙動である。従来、淡水層を急激に接触させた場合の形状、速度などに関する研究はあるが、それらは両層の分離壁を全面的に取り除いてしまう形式である。河口堰その他の場合を考慮して、境界条件としてゲート開度の制約がある場合の状況について考察したものである。ここでは塩水層の侵入の場合のみについて取扱っている。

2. 理論的考察 記号および座標系を図-1の如く定め、塩水層の侵入初速度について考える。ゲート開度が大でない場合の近似として深さ y の点の初速は

$$v_0 = \sqrt{2g(4\delta/\rho - \Delta h/h)} \quad (1)$$

各々の水深において、圧力水頭の一部が速度水頭に変換されると考え、比例定数を α と書けば(1)式に $\sqrt{\alpha}$ を乗ずればよい。その結果のゲートの開放部分における平均値は次式で与えられる。

$$\bar{v}_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{\alpha} \sqrt{2\alpha g h} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\alpha}{h} \right)^{\frac{3}{2}} \right\}, \quad g' = g \left(\frac{4\delta}{\rho} - \frac{\Delta h}{h} \right) \quad (2)$$

そう一つこれと異なる考えとして、全体の圧力差により運動量が零の状態からある値に達したとも考えられる。この場合には平均の圧力水頭を P として比例定数 β と平均初速度との間の関係は

$$\bar{v}_0 = \sqrt{g\beta P}, \quad P = \frac{4\delta}{\rho} h \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{h} \right) - \Delta h \quad (3)$$

ここでは仮想質量を考慮せずに演算をしている。塩水層の侵入時にはカルマンヘッドが形成されるので、円柱の場合と同様に考えれば $\beta = 0.5$ であれば損失なしに圧力差がすべて運動量に変換したことになる。

3. 実験装置及び実験結果 実験は長さ2.5m、幅20cm、高さ50cmの水路に淡水両水槽が付随しているものを用いた。両水槽内の水位は朝顔堰によって制御し、ポイントゲージで測定した。水路長の制約のため、初期の現象しか測定されていない。密度差は比重計により測定し、全実験を通じて $30/1000$ とした。初速としてはゲートから10cmと30cmの地点を通過する塩水層先端の平均速度とし、式(2)、(3)より逆算された α および β とゲート開度との関係を図-2、図-3に示す。またゲートからの距離に応じた侵入速度の変化が図-4に示されており、相似則を検討するために、不十分ではあるが全水深を変化させた実験を行ない、速度を密度フルード数の形で表現したものを図-5に掲げた。

4. 考察 図-2に見られるように α の値はゲート開度ならびに水深に関係なくほぼ一定値0.1とみなせる。 α/h が0.4以上になると α の値は大きくなるが、これは侵入する塩水層の厚さがゲートの開きより小さくなり、ゲート開度 a の値が塩水層の厚さを表わさなくなるためと考えられる。このようにゲート開度が極端に大きいときはカルマンヘッドの高さを用いて計算すると α は同じく0.1程度の値となる。数少ない実験で断言はできないが簡便な計算方法でもあり、初速度を推定するためには実用的な指標となり得るものと思う。ついで β の値については(図-3)相対的なゲート開度を増すと増大する傾向を示している。これは開度を増すに従い水路底や混合による抵抗力が相対的に減少するためと考えられるが、現在のところ統一的な結果を述べるには未だ不十分である。ゲート開度をパラメータとしたときのゲートよりの距離と塩水層先端の速度との関係図-4をみると、ゲ-

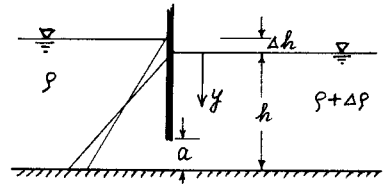


図-1 概念図及び記号

ト開度の小さいうちにはゲートよりの距離が大となるにつれて速度は減少し、ゲート開度を大きくしていくと速度減少の割合は少なくなり遂には逆に増すようになる。従来の二層の交換流に関する報告においては侵入速度が増大してゆくような傾向は見られないが、今回の実験においてはゲートの相対開度を1以下にしたために従来のものよりパラメータが一つ増し複雑な挙動を示したものと考えられる。前述したようにゲート開度を大きくしていくと、静水圧分布から考えると塩水側の圧力の方が高い場合においても、淡水が塩水側に侵入していることが認められ、初期の非定常的な運動は設定した静的な条件から外れていることが予測される。また、ここでは塩水層

先端の動きのみを観測しているが、詳細については塩水層全体の形状を含めたゲートを通過する流量の変化を考える必要があるが、今回は計測していないのでこれらは将来の問題である。今後はゲートを開けた直後の両水面の変動も測定し、この点をも考慮してさらに検討を加えていきたい。また相似則については図-5にみられるように、現在の縮尺率では初速度においては密度フルード数 ($F_d = \bar{v}_0 / \sqrt{\Delta \rho / \rho \cdot g \cdot a}$) の相似でよいと考えられるが、水深の大きなものについても検討を加えてゆきたい。今後はさらに密度を変化させた場合についての相似則を考慮している。また侵入した塩水層が後退する場合も含めて考察を進めていくことを考えている。

なお、本実験の遂行は本学学生 和田林道宜君の努力によるところが大きい。記して謝意を表わします。

参考文献

室田・神田, 第11回海講, 1964

Barr, La Houille Blanche, No.7, 1963

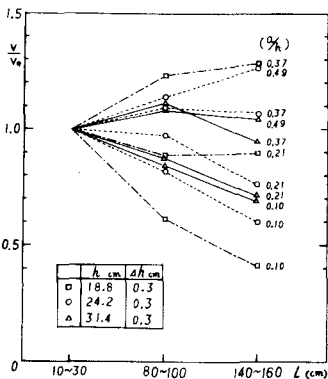


図-4 ゲートよりの距離と速度変化

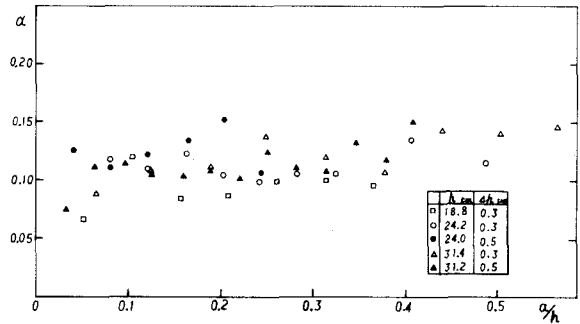


図-2 αとゲート開度

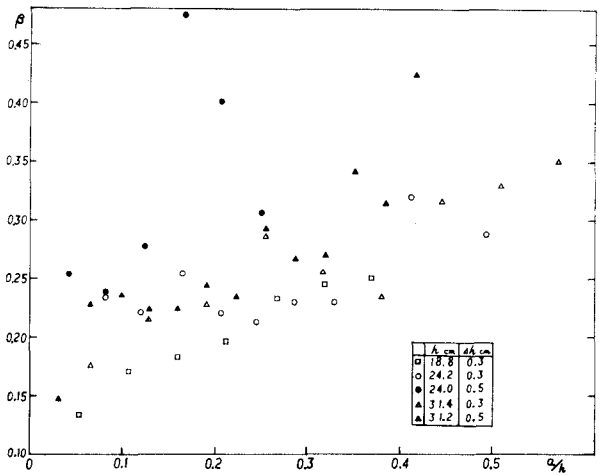


図-3 βとゲート開度

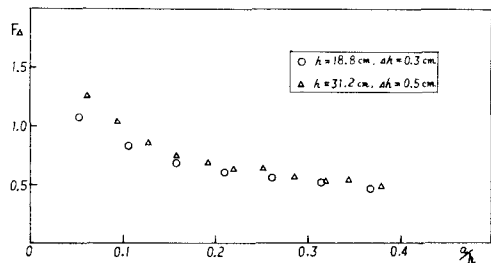


図-5 相似則の検討